

**CLOSED ACTUATOR**

Publication number: JP9238438

Publication date: 1997-09-09

Inventor: WATANABE ITSUO; HORIKOSHI ATSUSHI

Applicant: NIPPON SEIKO KK

Classification:

- International: H02K5/12; H02K5/128; H02K7/20; H02K11/00;  
H02K5/12; H02K7/00; H02K11/00; (IPC1-7): H02K5/12

- European: H02K11/00F1D; H02K5/128; H02K7/20

Application number: JP19960355764 19961225

Priority number(s): JP19960355764 19961225; JP19950343805 19951228

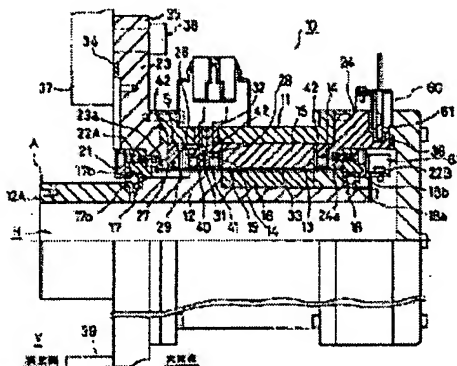
Also published as:

US5914548 (A1)

Report a data error here

**Abstract of JP9238438**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an actuator which does not emit impurity gas in an ultrahigh vacuum actuator, facilitates the high precision positioning and maintains a sufficient strength. **SOLUTION:** An actuator has a motor stator 11 having rotary driving poles 15, a motor rotor 12 which is so provided as to face the pole surface of the motor stator 11 with a very small gap therebetween and is supported by roller bearings 17 and 18 and a variable reluctance type resolver 26 by which the displacement of the motor rotor 12 is measured. A sealing partition 33 made of nonmagnetic metal is provided in the gap between the motor stator 11 and the motor rotor 12 to cover an inner space in which the motor stator 11 is provided airtight. The bearings 17 and 18 are provided on both the sides of the axial direction of the sealing partition 33. A load applied to the bearings is directly received by a housing. The partition 33 is reinforced at least partially with reinforcing members 40 and 41 and a space on the motor stator 11 side is filled with molding material 42.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-238438

(43)公開日 平成9年(1997)9月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 5/12

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 K 5/12

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-355764

(22)出願日 平成8年(1996)12月25日

(31)優先権主張番号 特願平7-343805

(32)優先日 平7(1995)12月28日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 渡辺 逸男

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式  
会社内

(72)発明者 堀越 敦

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式  
会社内

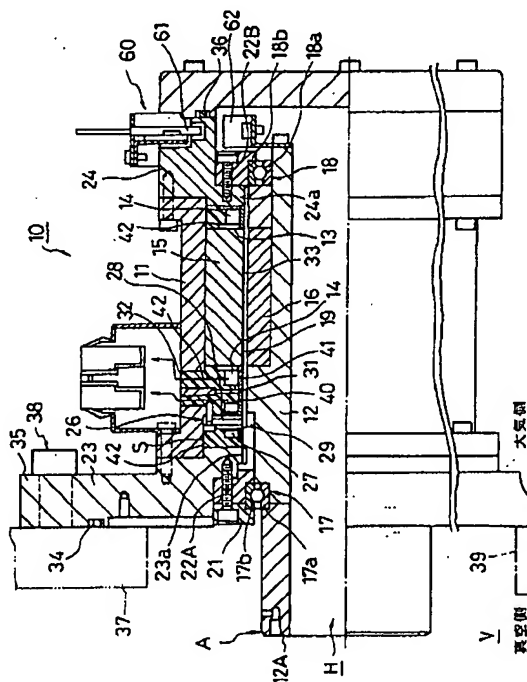
(74)代理人 弁理士 貞重 和生 (外1名)

(54)【発明の名称】 密閉型アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 超高真空の雰囲気中で不純物ガスの放出がなく、且つ高精度の位置決めが可能で、十分な強度を維持できる密閉型アクチュエータを提供する。

【解決手段】 回転駆動用磁極15が形成されたモータステータ11と、モータステータ11の磁極面に対して僅かの隙間を隔てて面对向に配設され転がり軸受17、18を介して支承されたモータロータ12と、モータロータ12の変位を測定する可変リラクタンス形レゾルバ26を備え、モータステータ11とモータロータ12との間の隙間に非磁性金属の封止隔壁33を配してモータステータ11の配設された内部空間を気密に覆う。軸受17、18は封止隔壁33の軸方向両側に配置され、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受ける。隔壁33の少なくとも一部を補強部材40、41で補強すると共に、モータステータ11側の空間にモールド剤42を充填した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、

前記モータステータを取り付けたハウジングと、  
前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、  
前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、

前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、  
前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、

前記軸受は複数の転がり軸受であつて、該転がり軸受は前記封止隔壁を構成する部材のモータロータ軸方向の両側の位置においてモータロータを支承し、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受け取るように配置されていることを特徴とする密閉型アクチュエータ。

【請求項2】 回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、

前記モータステータを取り付けたハウジングと、  
前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、  
前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、

前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、  
前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、

前記変位計測手段は、モータロータ側に配置された磁性金属材料からなる磁気的突極性を有するレゾルバロータと、モータステータ側に配置された検出コイル磁極を備えたレゾルバステータとから構成されることを特徴とする密閉型アクチュエータ。

【請求項3】 回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、

前記モータステータを取り付けたハウジングと、  
前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、  
前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、

前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、  
前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、

前記気密封止隔壁は、少なくともその一部が補強手段で補強されていることを特徴とする密閉型アクチュエータ。

【請求項4】 回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、

前記モータステータを取り付けたハウジングと、  
前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、  
前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、

前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、  
前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、

前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されており、前記軸受は複数の転がり軸受であつて、その転がり軸受は前記封止隔壁を構成する部材のモータロータ軸方向の両側の位置においてモータロータを支承し、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受け取るように配置され、前記ロータ磁極は磁性体の鋼材に突極加工を行つた突極歯であつて、さらに、前記変位計測手段はモータロータ側に配置された磁性金属材料からなる磁気的突極性を有するレゾルバロータとモータステータ側に配置された検出コイル磁極を備えたレゾルバステータとから構成されている密閉型アクチュエータを単位の密閉型アクチュエータとし、

前記単位の密閉型アクチュエータが複数単位直列に接続されていることを特徴とする密閉型アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、密閉型アクチュエータに係り、特に、微量の汚染物質や不純物ガスも許容されない超高真空雰囲気中、或いは腐食性ガス雰囲気中のようにモータの磁極やコイルが腐食してしまうような環境中で用いるのに好適な密閉型アクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】例えば半導体製造装置等においては、不純物を極力排除するために超高真空雰囲気中で被加工物に対する加工作業が行われる。その場合に使用されるアクチュエータとして、例えば被加工物位置決め装置の駆動モータにあつては、駆動軸の軸受に一般的なグリースなどのように揮発成分を含有する潤滑剤を用いることはできないから、金や銀などの軟質金属を軸受の内外輪にプレーティングしている。また、駆動モータのコイル絶縁材、配線被覆材及び積層磁極の接着剤なども、耐熱性に優れ放出ガスの少ない安定した材料が選定される。

【0003】他方、超高真空槽内へ外部から回転出力を導入する手段として、従来、ベローズ式駆動方式を始

め、磁気結合駆動方式、磁性流体シール駆動方式等の各種のアクチュエータが知られている。これらのアクチュエータはいずれも、真空用軸受に支承された回転軸の出力端側が真空雰囲気中に突出され、大気中におかれた駆動装置により入力端側に回転力が付与される構造である。すなわち、ペロウズ式駆動方式では、図6に示すように、回転軸101の出力端101A側は真空軸受102に支承されて真空側V内に突出され、他端側101Bは斜板形式の首振り機構103を大気中に配した回転装置105で回転駆動すると、ペロウズ104が伸縮運動を繰り返しつつ回転軸101が回転する仕組みである。

【0004】これに対して、磁気結合型駆動方式は、回転軸の入力端側に磁性体からなる回転子が固着され、この回転子の外周はハウジングで囲んで密閉されている。そのハウジングを隔てて大気側に、回転子を取り巻くマグネットが配設され、これを回転駆動することにより回転軸が回転する仕組みである。

【0005】また、磁性流体シール駆動方式は、大気側と真空側との間の隔壁を貫通して非磁性体からなるハウジングを取り付け、そのハウジング内に配した軸受間に永久磁石を挟んだ円輪状のボールピースを設けると共に、ハウジングを貫通させた回転軸の外周面とこれに対向するボールピース内周面との間の隙間を磁性流体で密封した構造を備えている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近時、半導体の集積度が高まり、それに伴って同時にICのパターン幅の微細化による高密度化が進められている。この微細化に対応できるウエハを製造するために、ウエハ品質に対する高度の均一性が要求されている。その要求に応えるためには、ウエハの低圧ガス処理室における不純物ガス濃度の一層の低減が重要である。また、要求通りに微細加工を行うためには、極めて高精度の位置決め装置が必要である。

【0007】こうした見地から上記従来のアクチュエータを検討すると、以下のような種々の問題点が指摘される。

【0008】すなわち、超高真空装置内で用いる駆動モータの場合、

① たとえ駆動モータのコイル絶縁材や配線被覆等に、耐熱性に優れ放出ガスの少ない安定した材料が選定されても、それが有機系の絶縁材料である限り、ミクロ的には多孔質であって表面には無数の穴を有している。これを一旦大気にさらすと、その表面の穴にガスや水分子等を取り込んで吸蔵してしまう。それらの吸蔵不純物を真空排気で除去する脱ガスに長時間を要してしまい、生産効率の低下は避けがたい。

【0009】② さらに、真空中においては空気の対流による放熱があり得ないから、コイル温度の局所的な上昇を生じた場合に、その部分の抵抗が増大して発熱が

加速され、コイル絶縁皮膜の焼損を招き易い。

【0010】③ これに対して、コイル絶縁材に無機材料を用いると共に、配線はステンレス管のシース電線を用いることで吸着不純物を低減することが考えられる。しかしその場合はコストが非常に高くなるのみならず、コイル巻線スペース内に占める銅などの導体の比率が減少して電気抵抗が増加し、その結果、モータの容量低下を来す。

【0011】以上のような超高真空装置内にアクチュエータを設置した場合の問題点に対して、ペロウズ式駆動方式、磁気結合型駆動方式、磁性流体シール駆動方式等のように真空装置外にアクチュエータの駆動部を設けた場合をみると、ペロウズ式駆動方式ではバックラッシュが大きく、磁石吸引力により回転力を伝達する磁気結合型駆動方式では剛性が低く、いずれも高精度の位置決め精度が得られないという問題点がある。

【0012】また、磁性流体シール駆動方式では、磁性流体の耐熱温度が70℃程度と低いから、超高真空槽のベークアウト工程（真空槽内壁等の吸蔵ガス分子、水分子の放出工程）における加熱温度に耐え得ず、多少の揮発成分を含んでいるため放出ガスが発生してしまうという問題点がある。

【0013】そこで本出願人は、このような従来のアクチュエータの問題点を解決するべく、超高真空の雰囲気中で不純物ガスの放出がなく、且つ高精度の位置決めが可能な密閉型アクチュエータを提案した（特開平3-150041号及び特開平3-150042号参照）。このものは、回転駆動用コイルによって励磁される回転駆動用磁極が形成されたモータステータと、そのモータステータの磁極面に対して僅かの隙間を隔てて面対向に配設された磁極を有し、且つ転がり軸受を介して回転自在に支承されたモータロータと、そのモータロータの変位を測定する変位検出手段であるレゾルバを備え、モータステータとモータロータとの間の隙間に非磁性金属隔壁を配してモータステータの配設された内部空間を気密に覆うことにより、モータロータ側空間とは隔離した構成を備えている。

【0014】このように、本出願人が提案した上記密閉型アクチュエータは、モータステータとモータロータとを非磁性金属隔壁で隔離したことにより、半導体製造装置の高真空雰囲気内や反応性ガス雰囲気中で使用しても、アクチュエータのコイルや有機絶縁材から不純ガスが放出されて雰囲気を汚染したり或いはコイルや有機絶縁材が浸食されることがなく、しかも、モータステータとモータロータ間で磁気回路の形成が妨げられることもなく、さらにはレゾルバにより高精度の位置決めも実現できるなど、実用上極めて有用である。

【0015】しかしながら、非磁性金属隔壁の厚みは、特にモータステータとモータロータ間では磁気回路の形成を妨げないために限度がある。そのため、超高真空状

態にさらされたとき、隔壁が膨らむなどの不都合が生じることがあった。

【0016】さらに、磁気結合型駆動方式の駆動装置として、図7に示す構成が知られている。即ち、取付フランジ201が真空容器の底壁202の開口部に取り付けられており、真空容器の外側に位置するハウジング216、236の内部には、外側駆動軸204と内側駆動軸205の2本の駆動軸が同軸に配置され、開口部を通過してハウジングの外に延びている。真空容器内に位置する外側駆動軸204は内側駆動軸205の先端部の軸受206により支持されている。

【0017】さらに、モータロータ207が外側駆動軸204の外表面に支持されており、これに対応するモータステータ208がモータロータ207の外側のハウジング216に支持されている。同様にモータロータ209が内側駆動軸205の外表面に支持されており、これに対応するモータステータ210がモータロータ209の外側のハウジング236に支持されている。モータロータ207、209は真空状態下に配置され、モータステータ208、210は真空状態の外側に配置されている。

【0018】外側駆動軸204は軸受218、219によりハウジング216に支持され、内側駆動軸205は軸受238、239によりハウジング236に支持されている。モータロータ207とモータステータ208の間、モータロータ209とモータステータ210の間には、ハウジング216、ハウジング236から延長された薄肉の非金属性の隔壁216a、236aが位置し、モータロータ207、209側の真空状態を維持している。

【0019】このような構成では、モータの性能の向上のために非金属性の隔壁によるモータロータとモータステータの間の磁束の減少を極力少なくすることが要求されるが、このためには隔壁の厚みを極力薄くしなければならない。

【0020】したがって、外側駆動軸204と内側駆動軸205は薄肉の隔壁を含むハウジング216、236に軸受を配置し、その軸受によつて支持されているので、この従来技術の駆動装置にあつては、ハウジングに対するそれぞれの駆動軸の支持剛性が低下してしまうという問題がある。このような構造の駆動装置の駆動軸の先端にアームなどを取り付け、その先端に負荷が加わると、軸受に作用する力が隔壁にまで作用し、隔壁を変形させたり隔壁が破れるという可能性を否定できないという不都合があつた。

【0021】更に、外側駆動軸204と内側駆動軸205の支持剛性の低下によつて、両駆動軸が回転するときの振れ回りにより、両駆動軸が接触するという問題が発生する。このため、この従来技術においてはパイロット軸受206を用いて両駆動軸の接触という不都合を回避

している。

【0022】また、半導体の集積度の高密度化が進み、これに伴って一層高精度で且つ安定した制御が要望されるに至り、通常のレゾルバによる位置制御では、モータスタックより発生する磁気がレゾルバに回り、十分な制御が難しくなるという不都合があつた。

【0023】この発明はこのような従来技術の問題点に着目してなされたもので、その目的とするところは、超高真空の雰囲気中で不純物ガスの放出がなく、且つ高精度の位置決めが可能で、しかも十分な強度を維持できる密閉型アクチュエータを提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】この発明は上記課題を解決するもので、請求項1の発明では、回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、前記モータステータを取り付けたハウジングと、前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、前記軸受は複数の転がり軸受であつて、該転がり軸受は前記封止隔壁を構成する部材のモータロータ軸方向の両側の位置においてモータロータを支承し、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受け取るように配置されていることを特徴とする。

【0025】請求項2の発明では、回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、前記モータステータを取り付けたハウジングと、前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、前記変位計測手段は、モータロータ側に配置された磁性金属材料からなる磁氣的突極性を有するレゾルバロータと、モータステータ側に配置された検出コイル磁極を備えたレゾルバステータとから構成されることを特徴とする。

【0026】請求項3の発明では、回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、前記モータステータを取り付けたハウジングと、前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、前記モータ

ロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されている密閉型アクチュエータにおいて、前記気密封止隔壁は、少なくともその一部が補強手段で補強されていることを特徴とする。

【0027】請求項4の発明では、回転駆動用コイルにより励磁されるステータ磁極を備えたモータステータと、前記モータステータを取り付けたハウジングと、前記ステータ磁極面に対して隙間を隔てて面対向して配置されたロータ磁極を備えたモータロータと、前記モータロータの回転軸をハウジングに回転自在に支承する軸受と、前記モータロータの変位を計測する変位計測手段と、前記ステータ磁極とロータ磁極との間の隙間に配置された非磁性金属材料から構成される気密封止隔壁とを備え、前記モータロータの配置された空間と前記モータステータの配置された空間とが気密に離隔されており、前記軸受は複数の転がり軸受であつて、その転がり軸受は前記封止隔壁を構成する部材のモータロータ軸方向の両側の位置においてモータロータを支承し、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受けるように配置され、前記ロータ磁極は磁性体の鋼材に突極加工を行つた突極歯であつて、さらに、前記変位計測手段はモータロータ側に配置された磁性金属材料からなる磁氣的突極性を有するレゾルバロータとモータステータ側に配置された検出コイル磁極を備えたレゾルバステータとから構成されている密閉型アクチュエータを単位の密閉型アクチュエータとし、前記単位の密閉型アクチュエータが複数単位直列に接続されていることを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図とともに説明する。

【0029】図1に示す密閉型アクチュエータ10は、モータステータ11の内側でモータロータ12が回転する形式の、いわゆるインナーロータ型の直接駆動モータであり、詳細には可変リラクタンス型ステップモータである。

【0030】すなわち、モータステータ11は円筒状で、その内周面には回転駆動用コイル14によって励磁される回転駆動用磁極としてのモータステータ磁極15が形成されている。回転駆動用コイル14は、絶縁材13を介してモータステータ磁極15に巻回されている。

【0031】このモータステータ磁極15の内周には、図面には明示されていないがモータロータ12の回転軸と平行に一定のピッチを有する複数の歯が設けられている。この歯はステツプモータにおいて一般的に突極歯と呼ばれる周知の構成のものであつて、以下の説明でも突

極歯と呼ぶことにする。

【0032】一方、モータロータ12は軸芯を貫く貫通孔からなる中空孔Hを有する円筒状の非磁性体で、軸方向に間隔をおいてモータステータ11と同軸に配した真空用転がり軸受17、18を介して、モータステータ11より内側に回転自在に取付けられている。そのモータロータ12の外周面には、モータステータ11のモータステータ磁極15に対向させて、磁性体金属材料からなるモータロータ磁極16が設けられている。このモータロータ磁極16の外周面には、前記モータステータ磁極15の内周面の突極歯と平行に複数の突極歯が設けられている。その歯列のピッチはモータステータ磁極15の突極歯のピッチと同一であるが、モータステータ磁極15の突極歯列とモータロータ磁極16の突極歯列の位相は相対的にずらすように配設されている。かくして、回転駆動用コイル14への電流の供給を制御しつつモータステータ磁極15の突極歯列を周方向に順次励磁することにより、モータロータ磁極16の突極歯列を順次吸引して、モータロータ12をモータステータ11の内側で回転させるようになっている。

【0033】上記真空用転がり軸受17、18は、いずれも内輪と外輪に金や銀などの軟質金属をプレーティングして、ガス放出のない金属潤滑としたものを用いている。一方の軸受17の内輪17aはモータロータ12の一端側の外面に嵌合されており、外輪17bはモータステータ11の一端側のハウジング部材23に環状の取付け部材22Aを介して軸受押え21により固定されている。

【0034】他方の軸受18の内輪18aはモータロータ12の他端側の外面に嵌合されており、外輪18bはモータステータ11の他端側のハウジング部材24に環状の取付け部材22Bを介して固定されている。上記のように支承されたモータロータ12の一端面12Aには、被回転駆動体がボルトで固着されるようになっている。

【0035】前記、一方の軸受17の外輪17bが固定されたハウジング部材23の内周にはつば部23aが、また他方の軸受18の外輪18bが固定されたハウジング部材24の内周にはつば部24aが、それぞれモータロータ12の外周面に向かって環状に突設されており、これによってモータステータ磁極15を収納している空間の両端が仕切られている。

【0036】そして、つば部23aで仕切られてモータステータ磁極15の一端側に位置する空間Sには、モータを高精度に位置決めするべくモータステータ11とモータロータ12間の相対変位を検出する変位検出手段として、高分解能の回転検出器である可変リラクタンス形レゾルバ26が内蔵されている。コイル27を有するレゾルバ26のステータ28は、モータステータ11の内周面に固着されている。これに対してレゾルバ26のロ

ータ29は、前記ステータ28に対向させて非磁性金属であるモータロータ12の段部に固定されている。

【0037】この可変リラクタンス形レゾルバ26のステータ28の磁極の内周面には、モータステータ磁極15と同様にモータロータ12の回転軸と平行に一定のピッチを有する複数の歯が設けられており、コイル27が各磁極に巻回されている。一方、レゾルバ26のロータ29は、モータロータ磁極16と同様に、位相をずらした同一ピッチのスロット歯列を有している。可変リラクタンス形レゾルバ26とその制御回路の詳細は後述する。

【0038】そして、モータロータ12の回転に伴い、レゾルバ26のロータ29が回転してステータ28の磁極との間のリラクタンスが変化し、ロータ29の1回転でリラクタンス変化の基本波成分がn周期となるようにして、そのリラクタンス変化を検出してレゾルバ制御回路によりデジタル化し、位置信号として利用することでモータロータ12の回転角度位置（又は回転速度）を検出するようになっていいる。31はモータステータ磁極15とレゾルバ26との間に介装してモータステータ11に固定された磁性金属材料からなる磁気シールド板である。また32はモータステータ11の内外を貫通する配線孔で、後述するようにモールド剤42が充填されている。

【0039】上記モータステータ11とモータロータ12との対向面間の隙間19には、例えば非磁性ステンレスSUS304などの非磁性金属材料からなる円筒状の隔壁33が、モータステータ11とモータロータ12を隔離するように配設されている。この隔壁33の一端部は、モータステータ磁極15の一端側の空間Sを仕切るハウジング部材23のつば部23aの内周面に溶接されている。また、隔壁33の他端部は、モータステータ磁極15の他端側の空間を仕切るハウジング部材24のつば24aの内周面に溶接されている。モータステータ磁極15の内周面と隔壁33は密に接触している。

【0040】ここで説明する実施の形態では、2つの軸受17、18が隔壁を構成する部材33のモータロータ12の軸方向の両側の位置においてモータロータ12を支承し、軸受17、18に作用する負荷を密閉型アクチュエータのハウジングを形成するハウジング部材23、モータステータ11及びハウジング部材24で直接受けするように配置されている。

【0041】かくして、隔壁33の両端は、ハウジングに気密に一体化している。このため、モータステータ11の内周において、回転駆動用コイル14、モータステータ磁極15およびレゾルバ26のコイル27、ステータ28等が収納されたスペースは、モータロータ12側の内部から完全に気密に隔離されている。

【0042】また、隔壁33におけるモータステータ11及びレゾルバ26に対応する部分には、補強手段とし

て、例えば非磁性金属からなるリング状の強度補強部材40、41が隔壁33に隙間なく密着させて装着されている。強度補強部材40、41としては非磁性隔壁と同一の材質のものを使用する。これにより、補強手段としてモールド剤を併用する場合に、ベークアウトの際にステータを高温にしたときにも膨張率の大きいモールド材の膨張による隔壁への内圧変形力を強度補強部材が受けることができるために隔壁が変形することがなくなる。また、強度補強部材は、隔壁33を内径側から切削削削いは研削による薄肉加工を行う際の強度の補強としても効果がある。

【0043】更に、一方のハウジング部材23のつば23aで仕切られてレゾルバ26、モータステータ磁極15の回転駆動用コイル14等を収納した空間Sや、他方のハウジング部材24のつば24aで仕切られて回転駆動用コイル14を収納した空間や、配線孔32には補強手段としてのモールド剤42が隙間なく注入されている。この実施例では、補強手段として強度補強部材とモールド剤を併用しているが、場合によっては、いずれか一方のみでもよい。

【0044】なお上記隔壁33の一端の溶接は、回転駆動用コイル14やその絶縁材13、レゾルバ26のコイル27等の耐熱性が比較的低い材料でなる部品が内蔵されている状態で行われるため、温度上昇を局部に限定できる電子ビーム溶接やレーザービーム溶接が用いられる。

【0045】モータステータ11の一端側のハウジング部材23は、その外周が延長されて、真空シール34を有する真空用フランジ部35が形成されており、真空装置への密閉型アクチュエータ10の取付け部を構成している。

【0046】また、他端側のハウジング部材24には、原点検出装置60が配設されている。この原点検出装置60は、非磁性のハウジング部材24の外周面に設けた凹所に埋め込んで取り付けられた磁気センサ61と、この磁気センサ61にハウジング部材24の薄い壁を介して対向可能に、モータロータ12の他端の軸受18側の端面の1ヵ所に取り付けられた1個の磁石62とを備えている。この磁石62がモータロータ12の回転とともに回転し、磁気センサ61はその回転する磁石62の磁気に応答して位置信号を出力するようになっていいる。

【0047】可変リラクタンス形レゾルバ26について説明する。レゾルバとしては、例えば本出願人が先に特開平5-122916号公報に開示したものが、好適に利用できる。このレゾルバは、図2に示すように、レゾルバステータ28には3相18極の第1の磁極 $A_{11} \sim A_{16}$ 、 $B_{11} \sim B_{16}$ 、 $C_{11} \sim C_{16}$ が所定間隔を隔てて形成され、第1の磁極 $A_{11} \sim A_{16}$ 、 $B_{11} \sim B_{16}$ 、 $C_{11} \sim C_{16}$ の中間位置に3相18極の第2の磁極 $A_{21} \sim A_{26}$ 、 $B_{21} \sim B_{26}$ 、 $C_{21} \sim C_{26}$ が所定間隔を隔てて形成され、各磁極が $A_{11} - C_{21} - B_{11} - A_{21} - C_{11} - B_{21} - A_{12} - C_{22} -$



一の順序で配列されている。そして、各磁極 $A_{11} \sim C_{26}$ には、内周面側の端面に3つの歯 $T_{s1} \sim T_{s3}$ が形成されていると共に中央部に1つの励磁巻線 $L_{A11} \sim L_{C26}$ が巻装されている。このため、 $180^\circ$ の位置の磁極は互いに同相となる。

【0048】また、レゾルバロータ29は、レゾルバステータ28の歯 $T_{s1} \sim T_{s3}$ と位相をずらして同一ピッチの歯列 $T_R$ を有している。

【0049】図3はレゾルバ制御回路の構成を示すもので、前記励磁巻線 $L_{A11} \sim L_{C26}$ の一端を単相交流電源45に接続すると共に、他端を抵抗 $R_{A1} \sim R_{C2}$ を介して接地することにより、励磁巻線及び抵抗間から導出した出力端子 $T_{A1} \sim T_{C2}$ からロータ29のスロット歯 $T_R$ との間でのリラクタンス変化に応じた電流変化に基づくi相出力信号 $f_{a1}(\theta) \sim f_{c1}(\theta)$ 及び $f_{a2}(\theta) \sim f_{c2}(\theta)$ が端子 $T_{A1} \sim T_{C1}$ 及び $T_{A2} \sim T_{C2}$ に出力され、

$$f_{a1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos \theta + A_2 \cos 2\theta + A_3 \cos 3\theta + A_4 \cos 4\theta \dots (1)$$

$$f_{b1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta - 120^\circ) + A_2 \cos 2(\theta - 120^\circ) + A_3 \cos 3(\theta - 120^\circ) + A_4 \cos 4(\theta - 120^\circ) \dots (2)$$

$$f_{c1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta + 120^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 120^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 120^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 120^\circ) \dots (3)$$

$$f_{a2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta + 180^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 180^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 180^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 180^\circ) \dots (4)$$

$$f_{b2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta - 300^\circ) + A_2 \cos 2(\theta - 300^\circ) + A_3 \cos 3(\theta - 300^\circ) + A_4 \cos 4(\theta - 300^\circ) \dots (5)$$

$$f_{c2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta + 300^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 300^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 300^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 300^\circ) \dots (6)$$

これら各レゾルバ信号 $f_{a1} \sim f_{c1}$ 及び $f_{a2} \sim f_{c2}$ が差動増幅器46A～46Cに供給されるので、これら差動増幅器46A～46Cの出力信号 $da \sim dc$ は以下の式

$$da = 2A_1 \cos \theta + 2A_3 \cos 3\theta \dots (7)$$

$$db = 2A_1 \cos(\theta - 120^\circ) + 2A_3 \cos 3(\theta - 120^\circ) \dots (8)$$

$$dc = 2A_1 \cos(\theta + 120^\circ) + 2A_3 \cos 3(\theta + 120^\circ) \dots (9)$$

これ等の式(7)～(9)から明かなように、差動増幅器46A～46Cからはパーミアンスの高調波歪のうち3次高調波歪が残る3相信号 $da \sim dc$ を得ることができる。そして、これ等の3相信号 $da \sim dc$ が相変換回路47において、3次高調波歪を打ち消した2相信号 $f_C(\theta)$ 、 $f_S(\theta)$ 信号に変換される。信号処理回路は乗算器と、励磁用の交流電源から交流電圧が同期信号として入力される同期整流器などを備え、同期整流器の出力信号が速度信号として出力されると共に、回転速度を示すデジタル値が出力される。レゾルバ及びレゾルバ制御回路の詳細は特開平5-122916号公報を参照

差動増幅器46A～46Cに入力される。差動増幅器46A～46Cでは差値を演算し、相変換回路47において2相信号に変換され、2相信号 $f_C(\theta)$ 、 $f_S(\theta)$ が信号処理回路48に供給される。

【0050】信号処理回路48は、乗算器と、励磁用の交流電源から交流電圧が同期信号として入力される同期整流器などを備え、同期整流器の出力信号が速度信号として出力されると共に、回転速度を示すデジタル値が出力される。

【0051】即ち、励磁巻線 $L_{A11} \sim L_{C26}$ に単相交流を供給して励磁すると、励磁巻線 $L_{A11} \sim L_{C26}$ に生起するレゾルバ信号 $f_{a1}(\theta) \sim f_{c1}(\theta)$ 及び $f_{a2}(\theta) \sim f_{c2}(\theta)$ は、以下の式(1)～(6)で表わすことができる。

【0052】

(7)～(9)で表すことができる。

【0053】

するとよい。

【0054】次に上記密閉型アクチュエータの取り付けと、動作について説明する。上記密閉型アクチュエータ10を、例えば真空槽の槽壁37にフランジ部35をボルト38で固定して取り付ける。密閉型アクチュエータ10のモータロータ12の先端部分は出力軸Aとして、槽壁37に設けられた取付け孔39から真空槽内部Vに差し入れられる。

【0055】密閉型アクチュエータ10における隔壁33でモータロータ12とは気密に封止されて隔離されたモータステータ11のスペースは、真空槽内部Vとは完



全に隔離されている。モータロータ12を貫通する空孔Hは真空槽内部Vに連通しているが、シール36で密封されて大気とは隔離されている。そのため、モータステータ11の回転駆動用コイル14やレゾルバ26のコイル27、およびそれらの絶縁材13等に吸蔵されているガスや水分が真空槽内部Vに拡散して真空雰囲気汚染することはない。

【0056】したがって、真空槽内部Vの排気も容易であり、ベークアウト時も短時間で所定の超高真空に到達でき、生産効率が低い。また、コイル絶縁材にわざわざ高価な無機材料を使用する必要もない。更には、半導体製造の場合、真空排気後に真空槽内部Vに導入されるエッチング用の反応性ガスに対しても、ステンレス材からなる隔壁33で保護されるから、上記コイルや絶縁材等がエッチングされてしまうおそれはない。

【0057】また、回転駆動用コイル14はモールド剤42で隙間なく密封されているから、通電で発熱しても放熱することができ、局所的な蓄熱によるコイル焼損も防止できる。なお、回転駆動用コイル14が大気側にあることから、必要に応じてモータステータ11の内部に空気や水を通して強制冷却することも容易である。

【0058】また、隔壁33に強度補強部材40、41を重ねて補強すると共に、モータステータ11の両端側の空間部分をモールド剤42の充填で補強したため、例えば超高真空装置に使用した場合でも、真空にさらされた隔壁33が膨らんで変形するなどの不具合は発生せず安定している。

【0059】また、例えばこの種インナーロータタイプの場合、隔壁33をハウジング部材に溶接した後に隔壁33の内周面を切削加工又は研削加工することが行われており、この隔壁33を最終的に数十 $\mu$ mの厚さに仕上げるので、切削時或いは研削時に隔壁33が切削(研削)工具から逃げてしまい、その結果隔壁内周面の同心度の精度が悪くてモータロータ磁極16の外周面に接触してしまうという問題があり、歩留りが非常に悪かったのであるが、本発明の場合は、補強部材40、41及びモールド材42で隔壁33を補強することによって歩留りが非常に良くなった。

【0060】また、モータロータ12の回転の位置決め精度についても、フィードバック制御により極めて高精度が保証される。すなわち、モータステータ11の所定の回転駆動用コイル14に通電すると起磁力を生じ、モータステータ磁極15の歯が励磁される。非磁性金属からなる隔壁33の厚みは十分に薄いから、その磁束は隔壁33を通してモータロータ12に到達する。こうして通電したモータステータ磁極15と、これに対向したモータロータ磁極16との間に磁気回路が形成されて、該両磁極の対向する歯同士が強く吸引し合う。

【0061】いま、円周方向に沿い順に配列されている複数の回転駆動用コイル14に対して、図外のドライブ

ユニットを介して制御されたモータ電流をコイル配列に従い順次通電する。すると、モータステータ磁極15の各歯の励磁は、通電の順序に従い順次移動されて、モータロータ12が回転する。モータロータ12が回転するとレゾルバ26のロータ29も回転する。これにより、ステータ28との歯間のリラクタンスが変化する。その変化を図示しないドライブユニットのレゾルバ制御回路によりデジタル化し、位置信号として利用することで、ロータ29の回転角ひいてはモータロータ12の回転角度の精密なフィードバック制御がなされ、高精度の位置決めができる。

【0062】特に、この場合、モータロータ12の回転検出用レゾルバとして、後述するレゾルバロータの非磁性体への取付け、差動型回路の採用、磁気シールド板の採用などをした可変リラクタンス形レゾルバを用いたため、通常のレゾルバであればモータスタックより発生する磁気がレゾルバに回り制御が非常に困難であるのに対して、モータスタックより回りこみ磁気を打ち消すことができ制御が安定する利点がある。

【0063】本発明の第2の実施形態例について説明する。図4は、本発明の第2の実施形態例を示すもので、このものは、上記第1実施形態例の密閉型アクチュエータ10が中空孔付きのインナーロータ型構造であることを利用して、第1実施形態例の密閉型アクチュエータを単位アクチュエータとして、これを2台直列に連結して、同軸に2つの出力軸A、Bを有する同軸2軸のアクチュエータユニットを構成したものである。

【0064】出力軸Aの方は、第1の密閉型アクチュエータ10Aのモータロータ12をそのまま用いている。これに対して出力軸Bの方は、第2の密閉型アクチュエータ10Bのモータロータ12に延長軸50を取り付け、密閉型アクチュエータ10Aのモータロータ12の中心を貫通する空孔Hを利用して前記延長軸50を出力軸Aから突出させている。

【0065】なお、この実施形態では、第1及び第2の密閉型アクチュエータを2つ連結して出力軸A及び出力軸Bを同軸に配置した同軸2軸の密閉型アクチュエータの例を示したが、これに限らず3つ以上の密閉型アクチュエータを連結して出力軸を同軸に配置した同軸3軸以上の密閉型アクチュエータとすることもできる。

【0066】その他の構成及び動作は、先に説明した第1実施形態例とほぼ同様であるので、同一構成要素には同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0067】次に、このような、同軸2軸、或いは同軸複数軸のアクチュエータの必要性と効果について説明する。真空内のウエハ搬送アーム、例えばスカラ型やフロッグレッグ型のように複数のアームを備えた装置では複数の回転モータが必要となる。真空環境では外界との接触表面積を極力小さくすると同時に、スペースを有効に活用するためにモータ等の取付穴はなるべく少なくする

必要がある。また、ウエハを水平にまっすぐに、振動を極力少なくして搬送するためにはアームの先端に作用するモーメントをロータ支持部で強固に保持する必要がある。

【0068】そこで、さきに図1で説明した密閉型アクチュエータを複数、ハウジング部分で同軸に連結し、連結部分はシールで密に接合（溶接、Oリング、金属ガスケット、等による密な接合）して、モータロータの配設された空間とハウジング外部空間とを隔離し、第1の密閉型アクチュエータ10Aのモータロータ12の中空出力軸Aと、第2の密閉型アクチュエータ10Bのモータロータ12を延長軸50により延長した出力軸Bを同軸に配置して、ハウジング部材23に設けた共通の開口部から突出させる。これにより、真空内の表面積を低減できると同時にモータを取付ける穴を1つにすることができる。

【0069】また、ウエハを水平にまっすぐに、振動を少なく搬送するためにはアームの先端に作用するモーメントをロータ支持部で強固に保持する必要があるが、この密閉型アクチュエータでは軸受を複数の転がり軸受として、この転がり軸受の配置を前記隔壁を構成する部材の軸方向両側に、隔壁構成部材を挟んで配置して軸受に作用する力を隔壁部材を介さずにハウジングで直接受けるように構成したので、ロータにアーム等をつけ、その先端に負荷を載せた場合に作用するモーメント負荷に対しても軸受の配置スパンを広く取れ、軸受に作用する力は隔壁に殆ど作用せず、ハウジングに直接かかるため、隔壁が破れてしまう危険性を極めて小さくすることができる。また、他の補助軸受などを使用して2つの出力軸の同心度を保つことも必ずしも必要でない。

【0070】第2の実施形態例のように、第2の密閉型アクチュエータ10Bのモータロータ12に延長軸50を取り付け、延長軸50を出力軸Aから突出させた構成とすると、モータロータの素材が共通となるので、部品製作コストの低減を図ることができる。更に、図4において第2の密閉型アクチュエータ10Bのモータロータ12の形状を第1の密閉型アクチュエータ10Aのモータロータ12の形状と同一にし、延長軸50の端部にフランジ部を設け、このフランジ部にて第2の密閉型アクチュエータ10Bのモータロータ12と結合することにより、モータロータを共通化することができ、また、そのことによりハウジング24、24をも共通化することができ、ひいては第1及び第2の密閉型アクチュエータ同士を共通化することができる。従って、アクチュエータを構成する部品が共通となるので、さらに部品製作コストの低減を図ることができ、メンテナンスの際の部品交換の容易性を高めることができる。

【0071】次に、可変リラクタンス型レゾルバの第2の例を、図5を参照して説明する。

【0072】真空環境での複数軸のアーム駆動の際には

電源投入時に現在のアームの回転位置を認識しないと真空チャンバーの壁や、真空チャンバー間のシャットにアームをぶつけてしまう可能性がある。そこで、先に説明した第1実施例では、原点検出装置60を設けている（図1参照）。

【0073】しかし、複数軸を備えたアクチュエータでは原点検出装置を複数の各軸に配置する必要があり、また、複数軸の現在の位置が把握できないと複数のアームの原点復帰駆動のシーケンスを確定できない問題点があった。さらに、真空環境中でのアームの滑らかな駆動のためには、アブソリュート（絶対位置検出）センサだけでは分解能が不足し滑らかな駆動ができないという問題がある。

【0074】この対策としては、回転軸の1回転の絶対位置を検出するコース(COARSE)レゾルバと、より分解能の細かい回転位置を検出するファイン(FINE)レゾルバからなる可変リラクタンス型レゾルバを採用することが提案される。

【0075】図5は、コース(COARSE)レゾルバと、ファイン(FINE)レゾルバからなる可変リラクタンス型レゾルバを装着した密閉型アクチュエータの断面図である。

【0076】先に図1により説明した第1実施例と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略し、レゾルバについて説明する。

【0077】図5において60はコースレゾルバを示し、26はファインレゾルバを示す。ファインレゾルバ26は第1実施例のレゾルバ26と同じである。コースレゾルバ60の構成はファインレゾルバ26と略同一の構成を備えており、コイル63を有するレゾルバステータ61は、モータステータ11の内周面に固着されており、レゾルバロータ62は、前記ステータ61に対向させてモータロータ12の段部に固定されている。レゾルバステータ61の磁極の内周面には、モータロータ12の回転軸と平行に一定のピッチを有する複数のスロット歯が設けられており、コイル63が各磁極に巻回されている。レゾルバロータ62は、位相をずらした同一ピッチの歯列を有する。

【0078】コースレゾルバ60、ファインレゾルバ26の検出信号を処理するレゾルバ制御回路は図3に示したレゾルバ制御回路を使用することができる。

【0079】コースレゾルバ60は、回転軸の1回転の絶対位置を検出し、ファインレゾルバ26は回転軸の回転位置をより細かい分解能で検出する。

【0080】出力軸側に1回転の絶対位置を検出するコースレゾルバ60の脇により分解能の細かい回転位置検出器ファインレゾルバ26を配置したことにより、真空内のウエハ搬送アーム、例えばスカラ型やフロッグレック型のように複数のアームをリンク等用いて駆動する際に、電源投入時には現在のアームの角度をコースレゾルバで認識できるので原点復帰が不要となる。また、ア-

ムの滑らかで高精度の駆動を行う際にはファインレゾルバ26で位置の検出ができる。

【0081】また、コースレゾルバとファインレゾルバは、レゾルバ巻線の構成を同一にできるために、図3に示したようなレゾルバ制御回路を複数持つ必要がない。即ち、電源投入時にはコースレゾルバ60をレゾルバ制御回路に接続して現在位置を認識し、以降の駆動の際はファインレゾルバ26をレゾルバ制御回路に接続して回転位置を検出するようにすればよい。

【0082】次に、この発明の密閉型アクチュエータが可変リラクタンス型モータを採用した理由について説明する。

【0083】モータの種類としては、ステータ磁界回転によりロータに発生する渦電流とステータ磁界との滑りトルクを使用する誘導型モータ、或いは永久磁石をロータとし、ステータ磁界との吸引力を使用する同期型モータ等があるが、この発明の場合のように真空中で使用する場合には、誘導型モータではロータに発生する渦電流による発熱を効率的に放熱できず、ロータの温度上昇を招いてしまい、モータの形状変形、放出ガスの増加といった問題点がある。

【0084】また、永久磁石をロータとした同期型モータでは、一般に永久磁石は磁性粉を焼き固めた材質であるために内部はポーラス状になっており、表面積が非常に大きく超高真空中における使用においては、永久磁石の内部に残留したガスが磁石外部を真空にしても容易に放出されず、真空状態への到達時間が長くなるという欠点があった。

【0085】そこで、この発明ではロータには突極歯を有する磁性体を配置し、モータの構成としては、原理的に磁気可変リラクタンス型（VR型）ステツプモータとした。このモータは磁気吸引力を使用するため、誘導型モータのようにロータに発生する渦電流による発熱がなく、また、永久磁石をロータとして使用しないため真空状態への到達時間が長くなるという欠点もない。

【0086】この発明のモータは、ステツプモータの構成であるためにトルクが大きい特長があるが、一般のステツプモータのロータのようにラミネーションを積層しては前記永久磁石と同様に表面積が増加してしまうために真空中での用途には好ましくない。そこで、この発明では、塊状（例えばリング状）の鋼材から突極歯を切削加工して磁性体を形成している。

【0087】また、磁性金属は一般的に錆やすいため、ロータには防錆のため真空環境において安定なニッケル鍍金等の表面処理を行い、錆による表面積の増加、酸化による超高真空中における酸素の放出、不活性ガスによる腐食などを防いでいる。

【0088】また、ここでは、モータの種類として磁気可変リラクタンス型モータとしたが、このモータ方式に限定されるわけではなく、永久磁石をステータ内部に組

み込んだ形式のものでもよい。この方式のモータの例としては、ハイブリット型（HB型）モータがあり、ロータは突極歯を有する磁性体を配置してよいため、VR型と同様の効果が期待できる。

【0089】次に、この発明の密閉型アクチュエータがロータの変位の検出手段として可変リラクタンス型の（VR型）のレゾルバを採用した理由について説明する。

【0090】一般に高精度位置決めに使用するサーボモータにおいては高精度で滑らかに駆動するための位置検出手段として、光学式エンコーダや、磁気抵抗素子を使用した磁気式エンコーダ等が使用されている。光学式エンコーダはロータ側に光学スリットを有する円板を設け、ステータ側に発光素子と受光素子を配置して、ロータの回転に伴う光学スリットを通過する光量や、干渉変化を検出し位置を検出するものである。

【0091】しかし、真空中で使用するためには、発光素子や受光素子が半導体であるため、放出ガス低減工程である脱ガス処理において、一般に行われる100°C以上での高温ベークアウトが困難であること、電気回路を真空中で使用するためには何らかの絶縁体を介しないと回路が短絡してしまうが、一般に絶縁体として使用する樹脂・プリント基板等は内部に含む不純物が多いため、真空中での使用が困難であるという欠点があった。

【0092】一方、磁気抵抗素子を使用した磁気エンコーダにしても素子が半導体であるため、光学式エンコーダと同様の欠点があった。

【0093】この発明では、ステータとロータの間に封止隔壁の介在した状態でロータの回転位置の検出が可能で位置検出器が求められる。そこで、この発明ではモータロータ側に表面にスロット歯を設けた磁性金属材料のレゾルバロータを配置し、モータステータ側には前記スロット歯と略同形状のスロット歯を有する磁性体の磁極に検出コイルを巻回したレゾルバステータを配置し、レゾルバロータの回転に伴い、非磁性金属隔壁を通過する磁気抵抗（リラクタンス）の変化をレゾルバステータ側から検出する可変リラクタンス型（VR型）のレゾルバを採用した。

【0094】一般的に可変リラクタンス型レゾルバは、検出コイルに交流電圧を印加して励磁し、対向するスロット歯の回転位置 $\theta$ に応じたリラクタンス変化をインダクタンスの変化として検出するものであつて、同期整流器によつて励磁電圧成分が除去された出力 $V \sin \theta$ を検出することができ、ロータの回転位置を検出することができるが、検出コイルを励磁する交流電圧の周波数が高いと、封止隔壁を磁束が貫通する際に発生する非磁性金属内の渦電流が増加し、ロータの回転位置の検出が困難となる。

【0095】そこでこの発明では、封止隔壁内での渦電流の発生を抑え、ロータの安定な駆動制御のために必要

な1KHz～10KHz程度の交流を印加して励磁している。また、レゾルバロータの構成材料は、渦電流の発生を低減する交流特性からは積層鋼板が好ましいが、積層しては前記永久磁石と同様に表面積が増加してしまうために真空中での用途では表面積を可能な限り小さくしたい。そこでこの発明では、前記磁性体は塊状の鋼材に突極歯を切削加工して形成している。

【0096】また、先に説明したように磁性金属は一般に錆びやすいため、防錆のため真空環境において安定なニッケル鍍金等の表面処理を施したレゾルバロータとし、錆びによる表面積の増加、酸化による超高真空における酸素の放出、不活性ガスによる腐食などを防いでいる。

【0097】この発明で採用した、モータステータ側に検出コイル磁極を配した磁気可変リラクタンس型レゾルバは非磁性隔壁を介しても位置の検出できる特長があるが、以下のような問題点もある。

【0098】即ち、この発明のレゾルバでは、レゾルバステータとレゾルバロータとの間に非磁性金属隔壁が介在している。このため、検出される磁気の変化が少なくなりがちで、S/N比を向上させることが重要となるが、この発明の密閉形アクチュエータはモータを備えているため、モータ駆動電源から供給されるモータ電流のスイッチング周波数の高周波磁束や、モータステータから発生する回転磁界からの漏洩磁束がレゾルバに混入し、S/N比を低下させて高精度の位置検出が不可能になるおそれがある。

【0099】そこで、この対策としてレゾルバロータの取り付け部材を非磁性体として漏洩磁束が駆動軸を経てレゾルバロータに混入することを低減し、S/N比を向上させて高精度の位置検出を可能としている。

【0100】また、S/N比を向上させるために可変リラクタンس型レゾルバを構成するレゾルバステータの巻線を差動回路型とし、巻線を差動回路型とすることによりノイズを低減することができる。以下、これについて説明する。

【0101】先に図2、図3により説明した可変リラクタンス型レゾルバでは、交流電流をレゾルバステータにおける3N相の第1の磁極の励磁巻線及び3N相の第2の磁極の励磁巻線に供給すると、これらの励磁巻線に流れる電流が、第1及び第2のレゾルバステータ磁極とレゾルバロータ磁極との間の位置の変化に応じて生ずるリラクタンس変化によって変化し、前記位置の変化が励磁電流の変化として検出される。

【0102】これら電流検出値のうち同相の第1及び第2の磁極の差値を3つの差値検出手段によって算出することにより、パーミアンスの高調波歪のうち3次高調波のみが残る3相信号を得ることができ、高調波歪の影響を受けることなしにロータの回転角度または回転速度を検出することができる。

【0103】この発明では、第1の磁極の励磁巻線及び3N相の第2の磁極の励磁巻線が差動巻線の構成としたので、以下説明するようにノイズ低減の効果がある。

【0104】先に説明した図3に示すレゾルバ制御回路では、LA11巻線とLA21巻線とがロータの位置に対して位相が180°反転した位置にあるため、レゾルバ信号は、先に示した式(1)～(6)のようになるが、これら各レゾルバ信号に、磁気ノイズが $B \sin \alpha t$ （ここで、 $\alpha$ はスイッチング周波数、 $t$ は時間）で畳重すると、レゾルバ信号は、以下の式(10)～(15)のようになる。

【0105】

$$f_{a1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos \theta + A_2 \cos 2\theta + A_3 \cos 3\theta + A_4 \cos 4\theta + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$f_{b1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos (\theta - 120^\circ) + A_2 \cos 2(\theta - 120^\circ) + A_3 \cos 3(\theta - 120^\circ) + A_4 \cos 4(\theta - 120^\circ) + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$f_{c1}(\theta) = A_0 + A_1 \cos (\theta + 120^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 120^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 120^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 120^\circ) + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$f_{a2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos (\theta + 180^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 180^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 180^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 180^\circ) + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$f_{b2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos (\theta - 300^\circ) + A_2 \cos 2(\theta - 300^\circ) + A_3 \cos 3(\theta - 300^\circ) + A_4 \cos 4(\theta - 300^\circ) + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (14)$$

$$f_{c2}(\theta) = A_0 + A_1 \cos (\theta + 300^\circ) + A_2 \cos 2(\theta + 300^\circ) + A_3 \cos 3(\theta + 300^\circ) + A_4 \cos 4(\theta + 300^\circ) + B \sin \alpha t \quad \dots \dots \dots (15)$$

これら各レゾルバ信号 $f_{a1} \sim f_{c1}$ 及び $f_{a2} \sim f_{c2}$ が差動増幅器46A～46Cに供給されるので、差動増幅器

46A～46Cの出力信号 $d_a \sim d_c$ は、磁気ノイズ $B \sin \alpha t$ がそれぞれ同相のために差動除去することがで

き、以下の式(16)～(18)で表すことができる。 【0106】

$$da = 2A1 \cos \theta + 2A3 \cos 3\theta \cdots \cdots (16)$$

$$db = 2A1 \cos (\theta - 120^\circ) + 2A3 \cos 3(\theta - 120^\circ) \cdots (17)$$

$$dc = 2A1 \cos (\theta + 120^\circ) + 2A3 \cos 3(\theta + 120^\circ) \cdots (18)$$

これら(16)～(18)式から明らかなように、差動増幅器46A～46Cからは、パーミアンスの高調波歪のうち3次高調波歪のみが残る3相信号da～dcを得ることができると同時にモータが発生する上記ノイズの低減にも効果がある。なお、3次高調波歪は相変換回路47において打ち消され、2相信号fc(θ)、fs(θ)信号が得られる。このことは既に述べた通りである。

【0107】さらに、S/N比を向上させるために、前記モータステータ磁極と前記可変リラクタンス型レゾルバの検出コイル磁極との間には磁性金属材料からなる磁気シールド板を介在させてもよい。これは、モータ磁界が発生する磁気ノイズをモータとレゾルバとの間に磁気特性の優れた磁性体を配置することによりバイパスさせ、レゾルバステータ検出コイルに磁束が作用しないようにする効果がある。

【0108】この場合、磁気特性の優れた磁性体としては、電磁鋼板やパーマロイ等を使用するとよい。

【0109】

【発明の効果】以上詳細に説明したとおり、この発明はモータステータのステータ磁極とモータロータのロータ磁極との間に非金属材料からなる封止隔壁を設け、モータロータの配置される空間とモータステータの配置される空間とが気密に離隔された密閉型アクチュエータに関するものである。

【0110】そして、請求項1の発明は、前記密閉型アクチュエータの、モータロータを支承する軸受が複数の転がり軸受であつて、転がり軸は封止隔壁を構成する部材のモータロータ軸方向の両側の位置でモータロータを支承し、軸受に作用する負荷をハウジングで直接受けるように配置した点を特徴とするものである。これにより、モータロータにアーム等をつけ、モータロータに生ずる曲げモーメントなどの力が軸受に作用しても、その力が気密封止隔壁に作用しないので、気密封止隔壁が破れてしまうなどのおそれがないという優れた効果を奏する。

【0111】請求項2の発明では、前記密閉型アクチュエータの、モータステータに対するモータロータの位置の検出に可変リラクタンス型のレゾルバを採用し、モータロータ側には磁性金属材料からなる磁気突極性を有するレゾルバロータを配置し、モータステータ側には検出コイルを備えたレゾルバステータを配置した点を特徴とするものである。これにより、両者の間に非金属材料からなる封止隔壁が介在しても、モータロータの位置の検出を正確に行うことができるという優れた効果を奏する。そして、レゾルバロータには磁性金属材料に磁気突

極(スロット歯)を設けたものを採用して表面積を減少させたので、真空環境での使用に適したものとすることができる。

【0112】請求項3の発明では、前記密閉型アクチュエータの、モータステータのステータ磁極とモータロータのロータ磁極との間に非金属材料からなる封止隔壁の少なくともその一部を補強手段で補強したので、超高真空装置に使用した場合でも、真空にさらされた隔壁が膨らんで変形するなどの不具合は発生せず、また、封止隔壁をモータロータの内径側から薄肉加工するときも、封止隔壁の変形を防止し、精密な薄肉加工を行うことができるという優れた効果を奏する。

【0113】なお、補強手段としては、強度補強部材の使用、およびモールド剤の充填などの手段が採用される。

【0114】請求項4の発明では、前記密閉型アクチュエータを単位の密閉型アクチュエータとし、単位の密閉型アクチュエータを複数単位直列に接続し、そのモータロータの出力軸を複数軸同軸に配置したものである。これにより、複数軸同軸の密閉型アクチュエータを容易に構成することができるばかりでなく、真空容器などへアクチュエータを装着するとき、複数軸を共通の1つの開口部から真空容器などの内部へ挿入することができ、アクチュエータと真空容器などとの接続部分の個数を減らすことができるという効果を奏する。

【0115】また、この発明では、変位検出手段として可変リラクタンス形レゾルバを備えたので、モータスタックよりの磁気の回り込みが打ち消されて、安定した高精度の位置決め制御ができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による密閉型アクチュエータの第1の実施形態例の側面断面図。

【図2】可変リラクタンス形レゾルバの磁極配列を説明する平面図。

【図3】レゾルバ制御回路を示す図。

【図4】本発明による密閉型アクチュエータの第2の実施形態例の側面断面図。

【図5】第2の可変リラクタンス形レゾルバを装着した密閉型アクチュエータの側面断面図。

【図6】従来の密閉型アクチュエータの一例を示す断面図。

【図7】従来の密閉型アクチュエータの他の例を示す断面図。

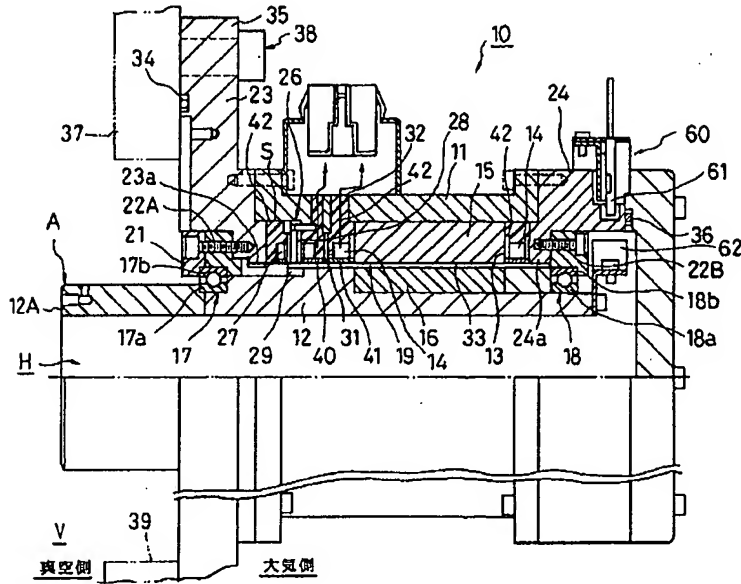
【符号の説明】

10 密閉型アクチュエータ

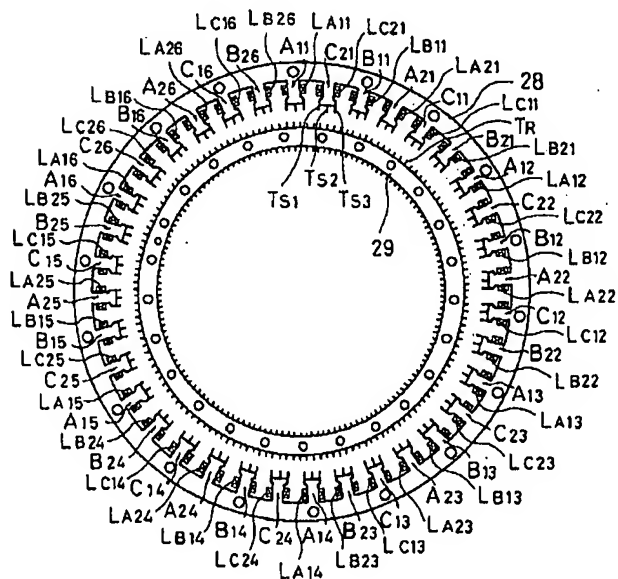
11 モータステータ

- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| 12 モーターロータ               | 33 非磁性金属隔壁 |
| 14 回転駆動用コイル              | 40 強度補強部材  |
| 15 回転駆動用磁極（ステータ磁極）       | 41 強度補強部材  |
| 17 転がり軸受                 | 42 モールド剤   |
| 18 転がり軸受                 | 50 延長軸     |
| 26 変位検出手段（可変リラクタンス形レゾルバ） | H 中空孔      |

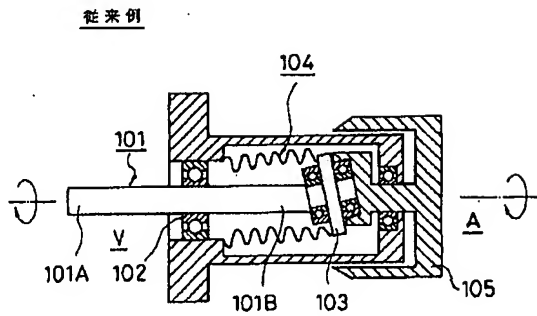
【図1】



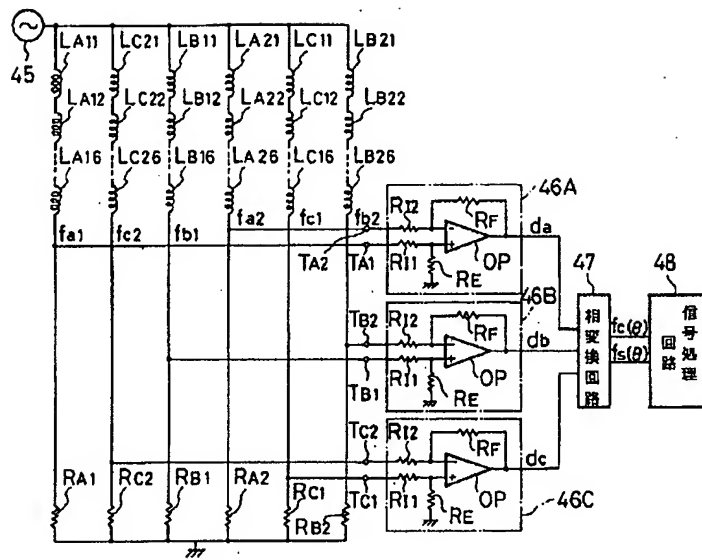
【図2】



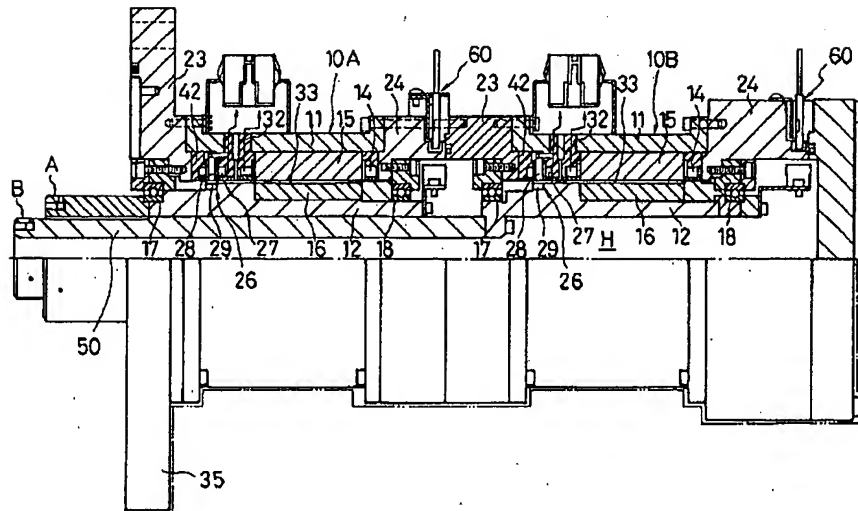
【図6】



【図3】

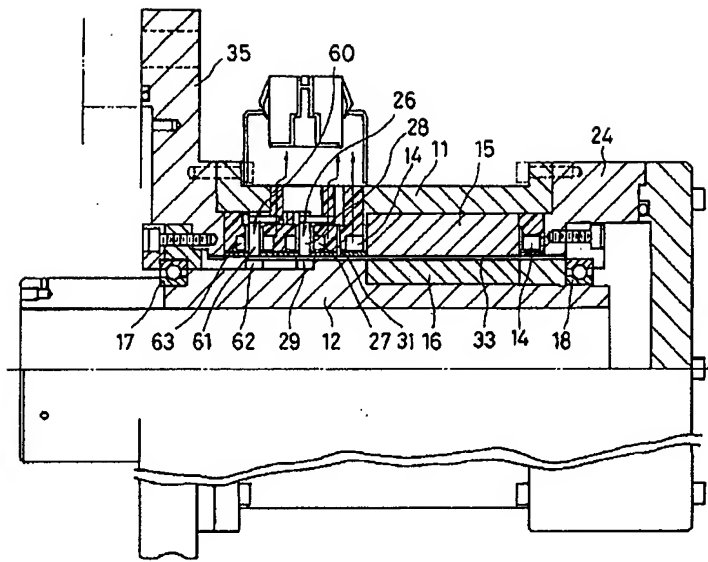


【図4】





【図5】



【図7】

